昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*, November 2011, 54(11): 1281－1287　　ISSN 0454-6296

球孢白僵菌和金龟子绿僵菌不同菌株对黑足角胸叶甲成虫的致病力评价

何学友[1]，蔡守平[1]，童应华[2]，熊　瑜[1]，黄　勇[1]，谢家冬[3]，陈顺立[2,*]

（1. 福建省林业科学研究院，国家林业局南方山地用材林培育重点实验室，福州 350012；
2. 福建农林大学林学院，福州 350002；3. 清流县林业局，福建清流 365300）

摘要：本研究在测定不同球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 和金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* 菌株的生长速率与产孢量的基础上，采用孢悬液浸渍法进行了对油茶新害虫——黑足角胸叶甲 *Basilepta melanopus* 成虫的生物测定，旨在筛选出感染该成虫的高致病力菌株，为防治该虫提供新的生物资源。结果表明：不同菌株生长速率和产孢量间存在显著差异，MaYTTR-04，BbFZ-17，MaZPTR-01 和 BbTK-01 生长速率和产孢量均显著高于其他菌株。接种后，叶甲成虫累积死亡率随时间的增加而逐渐增高，接种白僵菌 7 d 后，成虫校正死亡率全部达到 100%；接种 MaZPTR-01 和 MaYTTR-04 两个绿僵菌菌株 14 d 后，成虫死亡率分别为 80.3% 和 78.8%。而且接种白僵菌后，叶甲成虫的僵虫率显著较绿僵菌高，尤其以 BbTK-01 和 BbFZ-17 两个菌株较好，分别达到 85.7% 和 75.8%。BbXJ-01，BbFZ-17 和 BbTK-01 3 个白僵菌菌株的 LT_{50} 最小，分别为 3.0，3.3 和 3.4 d；MaYTTR-04 和 MaZPTR-01 两个绿僵菌的 LT_{50} 分别为 6.0 和 6.2 d。结果说明，白僵菌对叶甲成虫的致病力较强，尤其是 BbTK-01 和 BbFZ-17 两个菌株，不仅致死率高，且致死速度快，僵虫率高，同时这 2 个菌株生长速度快、产孢量大，具有优良的生产特性，在黑足角胸叶甲的生物防治中将有重要的应用价值。

关键词：球孢白僵菌；金龟子绿僵菌；生物学特性；黑足角胸叶甲；致死中时(LT_{50})；僵虫率
中图分类号：Q965.8　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2011)11-1281-07

Pathogenicity evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against adults of *Basilepta melanopus* (Coleoptera: Eumolpidae)

HE Xue-You[1], CAI Shou-Ping[1], TONG Ying-Hua[2], XIONG Yu[1], HUANG Yong[1], XIE Jia-Dong[3], CHEN Shun-Li[2,*] (1. Key Laboratory of Timber Forest Breeding and Cultivation for Mountainous Areas in Southern China, State Forestry Administration, Fujian Academy of Forestry, Fuzhou 350012, China; 2. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. Forestry Bureau of Qingliu County, Qingliu, Fujian 365300, China)

Abstract: In order to screen entomopathogenic fungi strains with high virulence against the new pest *Basilepta melanopus* on *Camellia oleifera*, the growth rate and sporulation of different *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* strains were investigated, and bioassay evaluation of *B. bassiana* and *M. anisopliae* against *B. melanopus* adults was carried out through dipping in spore suspension. The results showed that the growth rate and sporulation of different fungi strains were significantly different. The four strains, *i. e.*, MaYTTR-04, BbFZ-17, MaZPTR-01 and BbTK-01, had higher growth rate and sporulation than other strains. The cumulative mortality of *B. melanopus* adults was gradually increased with time after inoculation with *B. bassiana* and *M. anisopliae*. The cumulative mortality of *B. melanopus* adults reached 100% at 7 d after inoculation with *B. bassiana*, while the mortality of adults at 14 d after inoculation with MaZPTR-01 and MaYTTR-04 were 80.3% and 78.8%, respectively. The cadaver rate of adults inoculated with *B. bassiana* was significantly higher than that inoculated with *M. anisopliae*. The cadaver rates of BbTK-01 and BbFZ-17 were highest, being 85.7% and 75.8%, respectively. The

基金项目：福建省科技厅农业科技重点项目(2011N0011)；福建省林业厅科研项目(闽林科 2009[8])；科技部农业科技成果转化资金项目(2010GB2C400215)；福建省森林培育与林产品加工重点实验室资助项目

作者简介：何学友，男，1963 年生，四川大竹人，博士，教授级高工，主要从事森林病虫害综合控制技术研究，E-mail：fjhexueyou@126.com
* 通讯作者 Corresponding author，E-mail：cslfjau@126.com

收稿日期 Received：2011-07-06；接受日期 Accepted：2011-09-16

median lethal time (LT_{50}) values of *B. bassiana* strains BbXJ-01, BbFZ-17 and BbTK-01 were shortest, being 3.0, 3.3 and 3.4 d, respectively. However, the LT_{50} values of the two *M. anisopliae* strains, MaZPTR-01 and MaYTTR-04, were 6.0 d and 6.2 d, respectively. The results of bioassay showed that *B. bassiana* strains had higher virulence to *B. melanopus* adults than *M. anisopliae*, especially the two strains, BbTK-01 and BbFZ-17, had higher lethality and infection rate than other strains, and at the same time, they had the characteristics of rapid growth and high sporulation, suggesting that the two strains have great potential in biocontrol of *B. melanopus* adults.

Key words: *Beauveria bassiana*; *Metarhizium anisopliae*; biological characteristics; *Basilepta melanopus*; median lethal time (LT_{50}); cadaver rate

油茶 *Camellia oleifera* 是我国特有的木本油料树种，也是南方山区的重要经济生态树种，栽培历史悠久。近几年，从中央到地方各级政府一直到经营者都加大了对油茶生产的投入，我国现有油茶林已达 360 万 hm^2。随着油茶栽培面积的不断扩大，病虫害在一些地方也越来越严重。2010 年我们在对福建省油茶病虫害的调查中，发现了一种油茶的新害虫——黑足角胸叶甲 *Basilepta melanopus* Lefevre，该虫属鞘翅目(Coleoptera)肖叶甲科(Eumolpidae)角胸叶甲属 *Basilepta*（黄邦侃，2001)，以成虫危害油茶叶片(图 1)。在受害严重的油茶林株受害率高达 100%，叶片受害率 15% ~ 90%，局部地区虫口密度大，危害面积有迅速扩大之势，严重影响油茶的产量，必须引起重视(何学友等，2011)。现有文献仅记载黑足角胸叶甲严重危害茶树 *Camellia sinensis*，也可取食珍珠菜 *Lysimachia clethroides*（谭济才等，1986；汪荣灶，1989；羊柏娥和王沅江，2008)，但未见危害油茶的报道。



图 1 黑足角胸叶甲在油茶上的危害状

Fig. 1 *Basilepta melanopus* adults feeding on *Camellia oleifera*

前人主要依赖于化学或人工方法防治黑足角胸叶甲(谭济才等，1986；汪荣灶和胡勇，2004；李先文等，2007；吴彩谦等，2010)。化学防治虽然在一定程度上可以快速降低虫口密度，但同时也会造成环境污染、农药残留等问题，在人们越来越注重生态平衡和食品安全的今天，无论是在油茶林还是茶园中，过多使用化学农药防治显然不可行；人工防治费时费力，效果有限，无法大面积实施。而生物防治对环境安全，靶标针对性强，可持续控制，是未来害虫防治的趋势。廖冬晴等(2007)报道了利用斯氏线虫 *Steinernema carpocapsae* 对有机茶园角胸叶甲幼虫进行防治，但应用线虫对环境因子的要求较为苛刻(金永玲等，2003)，且贮存较为困难(冯世鹏和韩日畴，2005)。

昆虫真菌杀虫剂由于具有不污染环境、流行性、大量生产较为容易等优点(周燚等，2006)，在农林害虫的防治中发挥着越来越重要的作用。目前真菌杀虫剂研究最多的是球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*（以下简称白僵菌）和金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae*(以下简称绿僵菌)，其不同剂型已在防治多种农林害虫中大面积应用(蒲蛰龙和李增智，1996；Cottrell and Shapiro-Ilan，2003；Roberts and St. Leger，2004；李春香和张淑红，2005；周燚等，2006；Rezende *et al*., 2009)，但未见利用病原真菌防治黑足角胸叶甲的报道。本研究通过白僵菌和绿僵菌不同菌株对黑足角胸叶甲成虫的生物测定，筛选出对其致病力强的菌株，为防治该虫提供新的措施，为油茶以及茶园的有机生态栽培、产品优质丰产提供保障。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

于 2011 年 5 月中旬黑足角胸叶甲成虫发生高峰期，在福建省清流县嵩口镇立新村油茶林中捕捉成虫。捕捉后放入养虫笼中带回实验室，水培油茶小枝进行饲养。1 d 后选取健康活跃的成虫进行生物测定。

1.2　供试菌株

供试菌株为 5 株白僵菌和 2 株绿僵菌(表 1)，菌株保存于福建省林业科学研究院森林保护研究所，保存方式为无菌水 4℃低温保存。试验前菌株转入 SDY 液体培养基中 25 ±1℃振荡培养 72 h，再转入 PPDA 平板培养 9 ~10 d，待产孢充分后保存备用。经测定，供试孢子的萌发率均在 95% 以上。

表 1　供试菌株采集信息

Table 1　Collecting data of entomopathogenic fungi strains tested

菌株号 Strain code	菌种 Species	分离来源 Host	采集地 Collecting locality	初始分离日期 Initial isolating date
BbTK-01	球孢白僵菌 *Beauveria bassiana*	油茶象成虫 *Curculio chinensis* adult	福建省闽侯桐口林场华南工区 Huanan Work Area, Tongkou Forestry Farm in Minhou County, Fujian	2010-11-04
BbFZ-17	球孢白僵菌 *B. bassiana*	鳞翅目蛹 Lepidoptera pupa	福州国家森林公园 Fuzhou National Forest Park, Fuzhou	2010-10-09
BbXJ-01	球孢白僵菌 *B. bassiana*	油茶象幼虫 *C. chinensis* larva	福建省闽侯桐口林场华南工区 Huanan Work Area, Tongkou Forestry Farm in Minhou County, Fujian	2010-11-29
BbMQ-04	球孢白僵菌 *B. bassiana*	蝽类成虫 Adult of stinkbug	福建闽清黄楮林自然保护区 Huangchulin Nature Reserve in Minqing, Fujian	2010-11-08
BbMaA-01	球孢白僵菌 *B. bassiana*	松墨天牛成虫 *Monochamus alternatus* adult	福州国家森林公园 Fuzhou National Forest Park, Fuzhou	2006-05-26
MaYTTR-04	金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae*	土壤 Soil	福建省永泰县樟城镇城关村 Chengguan Village, Zhangcheng Town, Yongtai County, Fujian	2005-09-23
MaZPTR-01	金龟子绿僵菌 *M. anisopliae*	土壤 Soil	福建省漳浦县六鳌镇抽象画廊 Chouxianghualang, Liuao Town, Zhangpu County, Fujian	2005-11-22

1.3　菌株生长速率及产孢量测定

用点滴法(林华峰等，2006；王宝辉等，2009)将不同菌株接种于 PPDA 平板培养基中央，置于 25℃培养箱中培养，用十字交叉法每天测量一次菌落直径，每处理设 3 个重复，共观察 15 d，比较不同菌株菌落生长速度。同时记录开始产孢时间，待产孢结束后，用直径为 1 cm 的打孔器在菌落上打孔，然后取出置于定量的 0.3‰吐温-80 溶液，振荡使孢子充分分散。用血球计数板测定孢子浓度并换算成单位面积的产孢量。各菌株重复测定 3 次。

1.4　生物测定

各菌株从平板上刮取一定量孢子置于灭过菌的 0.3‰吐温-80 溶液中，分别配制成 1×10^7 孢子/mL 的孢悬液；养虫笼中的叶甲成虫小心用软镊取出，并将其分别单头在已经配制好的孢悬液中浸渍 8 s，然后轻轻取出放在消毒滤纸上吸干虫体表面的孢悬液，再放入干净的透明塑料养虫盒中，以新鲜油茶小枝叶片饲养(小枝基部用湿棉球保湿，以防止叶片过快干枯)，每个菌株处理 10 头，重复 5 次，去除 24 h 内死亡的成虫，最后每个菌株有效接种成虫为 35 ~46 头；以浸渍 0.3‰吐温-80 溶液(以无菌水配制)处理作为对照，对照处理 40 头。处理后将养虫盒放置于室温下饲养，温度范围为 19 ~25℃，盒内相对湿度在 90% 以上。每天观察记载成虫死亡情况，虫死后保湿培养观察菌丝生长及产孢情况，并挑片在显微镜下观察是否为白僵菌或绿僵菌感染致死，统计死亡率及僵虫率(虫尸上长出肉眼可见的菌丝及孢子)。试验在 2011 年 5 月 20 日 -6 月 3 日进行。

1.5　数据统计与分析

试验数据应用 DPS 数据处理系统进行统计分析(唐启义和冯明光，2002)，用死亡率-时间机率

值分析法，以时间(d)的对数值为 X，死亡率的机率值为 Y，计算出回归方程和致死中时(LT_{50})(蒲蛰龙和李增智，1996)。校正死亡率的计算方法见下式：

$$校正死亡率(\%) = \frac{处理组死亡率 - 对照组死亡率}{100 - 对照组死亡率} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 菌株的生长速率与产孢量

供试菌株的生长速率与产孢量见表2，不同菌株生长速率和产孢量间存在显著差异。在PPDA培养基上培养15 d后，MaYTTR-04菌株的菌落直径最大，为6.5 cm，其次是BbFZ-17菌株，MaZPTR-01和BbTK-01生长速度也较快，这4个菌株15 d菌落直径显著大于其他3个菌株，产孢量也显著高于其他3个菌株。同时从表2还可以看出，菌落生长快者开始产孢时间也较早。

2.2 白僵菌和绿僵菌对黑足角胸叶甲成虫的致病力

2.2.1 黑足角胸叶甲成虫的累积死亡率：叶甲成虫接种不同白僵菌和绿僵菌菌株后累积死亡率见图2。成虫累积死亡率随时间的增加而逐渐增高。接种白僵菌BbTK-01，BbFZ-17和BbXJ-01菌株6 d后，死亡率即达到100%；7 d后接种5个白僵菌菌株对叶甲成虫的死亡率全部达100%，死亡高峰期为3~6 d。接种MaYTTR-04和MaZPTR-01两个绿僵菌菌株14 d后，叶甲成虫的死亡率分别为78.8%和80.3%，死亡高峰在5~9 d。可见，接种白僵菌菌株后叶甲成虫的死亡率显著比接种绿僵菌的高，致死速度也较绿僵菌快。

表2 菌株生长速率与产孢量

Table 2 Growth rate and sporulation of different entomopathogenic fungi strains

菌株 Strain code	菌落直径 Colony diameter (cm)			开始产孢时间(d) Initial sporulation time	产孢量($\times10^8$/cm^2) Sporulation
	5 d	10 d	15 d		
MaZPTR-01	1.9±0.1 b	3.6±0.5 b	5.9±0.3 a	3	1.7±0.2 a
MaYTTR-04	2.3±0.1 a	4.9±0.9 a	6.5±1.3 a	3	1.2±0.1 b
BbTK-01	2.0±0.1 b	3.3±0.4 bc	5.9±0.5 a	3	1.4±0.1 b
BbFZ-17	1.9±0.2 b	3.7±0.4 b	6.1±0.3 a	4	1.2±0.1 b
BbMaA-01	1.3±0.2 c	2.9±0.4 bcd	4.2±0.3 b	4	1.1±0.1 c
BbMQ-04	1.2±0.3 c	2.5±1.1 cd	3.1±1.3 b	5	1.0±0.0 c
BbXJ-01	1.5±0.2 c	2.3±0.3 d	3.7±0.8 b	4	1.0±0.0 c

同列数据(平均值±标准差)后不同字母表示在0.05水平上差异显著(Duncan氏检验)。Data (mean ± *SD*) followed by different letters within the same column are significantly different at the 0.05 level (Duncan's test).

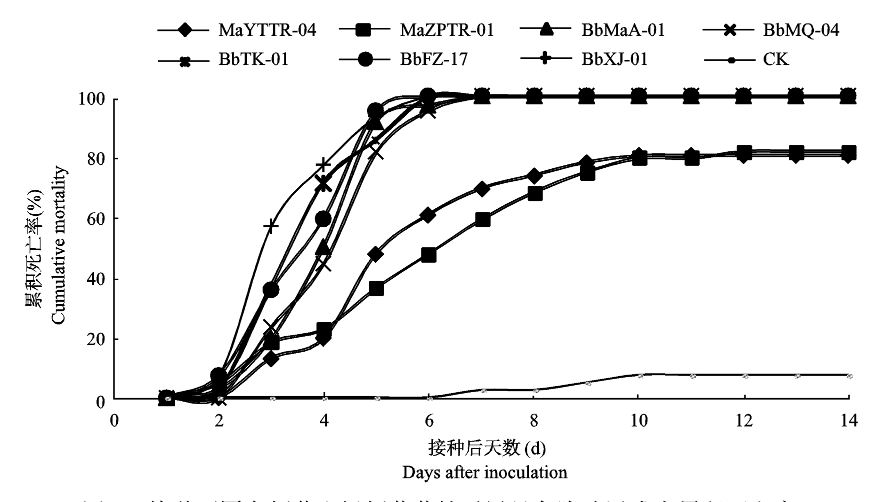


图2 接种不同白僵菌和绿僵菌菌株后黑足角胸叶甲成虫累积死亡率

Fig. 2 Cumulative mortality of *Basilepta melanopus* adults after inoculation with different *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* strains

2.2.2 白僵菌和绿僵菌对黑足角胸叶甲成虫的致病力：不同白僵菌和绿僵菌菌株对叶甲成虫的致病力见表3和表4，接种白僵菌的叶甲成虫校正死亡率全部达到100%，而接种 MaZPTR-01 和 MaYTTR-04 两个绿僵菌菌株的叶甲成虫校正死亡率分别为80.3%和78.8%。接种白僵菌的叶甲成虫僵虫率显著较绿僵菌高，其中以 BbTK-01 和 BbFZ-17 这2个菌株最好，分别达到85.7%和75.8%，且白僵菌感染的僵虫布满菌丝，产孢好(见封面)；而接种绿僵菌的僵虫率较低，且僵虫体上菌丝生长并不充分，产孢也较少。以时间对数值与死亡率的机率值进行回归，结果见表3，经检验，各回归方程拟合程度显著水平均大于0.05，表明所求回归方程合适，各菌株回归方程相关系数均高于0.9。进一步分析不同菌株对叶甲成虫的 LT_{50} 和 LT_{90}(表4)，其中 BbXJ-01，BbFZ-17 和 BbTK-01 3个白僵菌菌株的 LT_{50} 和 LT_{90} 最小，LT_{50} 均不超过3.5 d，LT_{90} 均小于5 d，可见致死速度相当快。而 MaYTTR-04 和 MaZPTR-01 2个绿僵菌菌株的 LT_{50} 分别为6.0 d和6.2 d，LT_{90} 分别为14.2 d和15.4 d，均显著比白僵菌长。

表3　不同菌株对黑足角胸叶甲成虫的致病力

Table 3　Pathogenicity of different strains to *Basilepta melanopus* adults

菌株 Strain code	试虫数量 Number of adults tested	死亡率(%) Mortality 4 d	7 d	10 d	14 d	校正死亡率(%) Corrected mortality	僵虫率(%) Cadaver rate	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	P值 P value
BbTK-01	35	71.4	100	100	100	100	85.7	$y=0.7327+8.0586x$	0.9542	0.9972
BbFZ-17	42	59.5	100	100	100	100	73.8	$y=0.8599+7.8964x$	0.9540	0.8517
BbXJ-01	44	44.2	100	100	100	100	61.4	$y=1.3513+7.5941x$	0.9554	0.9950
BbMQ-04	43	77.3	100	100	100	100	60.5	$y=-0.1743+8.7496x$	0.9562	0.9749
BbMaA-01	36	50.0	100	100	100	100	44.4	$y=-0.1357+8.9769x$	0.9699	0.9674
MaZPTR-01	44	22.7	59.1	79.5	81.8	80.3	25.0	$y=2.4253+3.2505x$	0.9684	0.9807
MaYTTR-04	46	19.6	69.6	80.4	80.4	78.8	10.9	$y=2.3526+3.4111x$	0.9381	0.0919
CK	40	0.0	2.5	7.5	7.5	–	2.5	–	–	–

表4　不同菌株对黑足角胸叶甲成虫的 LT_{50} 和 LT_{90}

Table 4　LT_{50} and LT_{90} of different strains to *Basilepta melanopus* adults

菌株 Strain code	LT_{50}	95%置信区间 95% Fiducial limits	LT_{90}	95%置信区间 95% Fiducial limits
BbXJ-01	3.02	2.50–3.45	4.46	4.01–4.84
BbFZ-17	3.34	2.84–3.75	4.86	4.44–5.22
BbTK-01	3.38	2.82–3.82	4.88	4.43–5.27
BbMaA-01	3.73	3.20–4.14	5.19	4.78–5.54
BbMQ-04	3.90	3.45–4.26	5.47	5.12–5.79
MaYTTR-04	5.97	5.52–6.45	14.18	12.43–16.83
MaZPTR-01	6.20	5.71–6.73	15.36	13.26–18.64

3　结论与讨论

黑足角胸叶甲是我国南方部分茶区严重发生的一种害虫。何学友等(2011)首次发现其亦可严重危害油茶，且局部地区的虫口密度非常大。真菌杀虫剂具有体壁侵染、对环境友好、可以大批量生产等特点(蒲蛰龙和李增智，1996)，适合于该虫的防治，同时可保证茶油的绿色品质。生物测定是真菌杀虫剂研究中最基本也是最重要的工作，只有找到高致病力、具有优良生产性能的菌株，真菌杀虫剂的生产利用才有基础(周燚等，2006)。一般来说，死亡率、僵虫率(感染率)和致死中时(LT_{50})可以反映出菌株对目标害虫的致病力。死亡率和僵虫率越大，致病力越强；LT_{50} 越小，致病力越强。所以，在分析不同白僵菌和绿僵菌菌株对叶甲成虫的致病力时，以考察这几个指标为主。通过白僵菌和绿僵菌不同菌株生长、产孢量的比较以及对黑足角胸叶甲成虫的生物测定，筛选出 BbTK-01 和 BbFZ-17 这2个球孢白僵菌优良菌株，这2个菌株对叶甲成虫的致死率高，接种7 d后校正死亡率均达到100%；僵虫率高，分别达到85.7%和75.8%；致死速度快，LT_{50} 分别为3.0 d和3.3 d；同时菌株产孢量高，分别为 1.4×10^8 孢子/cm^2 和 1.2×10^8 孢子/cm^2，具

有优良的生产特性，故这 2 个菌株可作为优良菌株进一步利用。

何余容等(2005)研究表明，23～26℃是球孢白僵菌感染小猿叶甲 *Phaedon brassicae* 最适宜的温度范围，用 1×10^8 孢子/mL 球孢白僵菌悬浮液接种小猿叶甲成虫，当相对湿度为 100% 时，成虫的 LT_{50}为 8.05 d。蒋明星等(2002)用 6 个球孢白僵菌接种稻水象甲 *Lissorhoptrus oryzophilus* 成虫，在 10^7 孢子/mL 剂量处理中，第 6 天的成虫累积死亡率为 35%～70%。Rezende 等(2009)在研究黑菌虫 *Alphitobius diaperinus* 的生物防治时发现，10^8 孢子/mL 白僵菌孢悬液接种黑菌虫成虫 9 d 后，校正死亡率为 84%，而 10^7 孢子/mL 接种 10 d 后，校正死亡率为 54%。本试验使用 1×10^7 孢子/mL 白僵菌菌液接种 7 d 后，黑足角胸叶甲成虫的死亡率全部达到 100%，且僵虫率较高。说明黑足角胸叶甲成虫对白僵菌很敏感；同时，接种环境温度为 19～25℃，湿度在 90% 以上，接种后适宜的环境也是白僵菌表现出强致病力的重要原因。而笔者在林间调查中发现，黑足角胸叶甲通常在郁闭度较高的油茶林中发生较为严重，这种林分湿度相对较大，适宜于白僵菌的生长发育，所以利用白僵菌防治黑足角胸叶甲成虫比较可行。

黑足角胸叶甲幼虫生活在土壤中(谭济才等，1986)，笔者在捕捉成虫用于试验的同时，调查了其老熟幼虫在土壤中的情况，发现其幼虫自然感染金龟子绿僵菌的比例高达 18.6%(此时很多健康幼虫已化蛹羽化出土)，但没有发现白僵菌僵虫。本研究结果表明，试验的绿僵菌菌株对黑足角胸叶甲成虫的致病力却不如白僵菌，这是否因为绿僵菌在土壤中致病力较强或对其幼虫致病力较强，这有待进一步研究。今后有必要进一步用绿僵菌菌株对叶甲幼虫及成虫以进行生物测定，从而提供更多的生物防治菌株，实施持续控制该虫的综合策略。

筛选出感染黑足角胸叶甲高致病力白僵菌菌株，为今后该虫的生物防治提供了菌株资源，但还需要生产菌剂进行林间防治试验，开发适宜于油茶林生态系统的相应剂型及使用技术，以便合理有效地利用筛选出的高致病力菌株，并探讨兼治其他害虫的效果。我们目前正在开展这方面的研究工作。

参 考 文 献 (References)

Cottrell TE, Shapiro-Ilan DI, 2003. Susceptibility of a native and an exotic lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) to *Beauveria bassiana*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 84: 137－144.

Feng SP, Han RC, 2005. Advances in storage and formulation of entomopathogenic nematodes *Steinernema* and *Heterorhabditis*. *Plant Protection*, 31(5): 20－25. [冯世鹏, 韩日畴, 2005. 昆虫病原线虫的贮存和剂型研究进展. 植物保护, 31(5): 20－25]

He XY, Cai SP, Wu ZC, 2011. *Basilepta melanopus* Lefever, a new insect pest on *Camellia oleifera*. *Forest Pest and Disease*, 30(3): 16－17. [何学友, 蔡守平, 吴智才, 2011. 油茶的一种新害虫——黑足角胸叶甲. 中国森林病虫, 30(3): 16－17]

He YR, Lu LH, Kuang ZB, Feng X, Chen HY, Wu YJ, 2005. Effect of temperature and humidity on the virulence of beetle-derived *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycetes: Moniliales) against the daikon leaf beetle, *Phaedon brassicae* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae). *Acta Entomologica Sinica*, 48(5): 679－686. [何余容, 吕利华, 邝灼彬, 冯夏, 陈焕瑜, 武亚静, 2005. 不同温湿度下球孢白僵菌对小猿叶甲的致病力. 昆虫学报, 48(5): 679－686]

Huang BK, 2001. Entomofauna in Fujian Province of China (Vol. 6). Fujian Science and Technology Press, Fuzhou. 700 pp. [黄邦侃, 2001. 福建昆虫志(第六卷). 福州: 福建科学技术出版社. 700 页]

Jiang MX, Shang HW, Cheng JA, 2002. Bioassay of *Beauveria bassiana* against the rice water weevil, *Lissorhoptrus oryzophilus* Kuschel. *Acta Phytophylacica Sinica*, 29(3): 287－288. [蒋明星, 商晗武, 程家安, 2002. 球孢白僵菌对稻水象甲成虫的毒力测定. 植物保护学报, 29(3): 287－288]

Jin YL, Han RC, Cong B, 2003. General situation of the application research on entomopathogenic nematodes. *Natural Enemies of Insect*, 25(4): 175－183. [金永玲, 韩日畴, 丛斌, 2003. 昆虫病原线虫应用研究概况. 昆虫天敌, 25(4): 175－183]

Li CX, Zhang SH, 2005. A review of study on virulence of *Beauveria bassiana* against pests. *Journal of Tangshan Teachers College*, 27(5): 40－43. [李春香, 张淑红, 2005. 白僵菌对害虫致病性的研究进展. 唐山师范学院学报, 27(5): 40－43]

Li XW, Tan JC, Chen JZ, Luo YD, 2007. Study on controlling *Basilepta melanopus* Lefever by using 5% Regent suspension. *Modern Agricultural Science and Technology*, (1): 52, 57. [李先文, 谭济才, 陈建芝, 罗亚丹, 2007. 5%锐劲特悬浮剂防治茶角胸叶甲试验. 现代农业科技, (1): 52, 57]

Liao DQ, Liang GW, CenYJ, 2007. Field efficacy of *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) against the larvae of tea brown beetle, *Basilepta melanopus* Lefevre (Cleoptera: Chrysomelidae) in organic tea plantation. *Acta Phytophylacica Sinica*, 34(4): 447－448. [廖冬晴, 梁广文, 岑伊静, 2007. 斯氏线虫对有机茶园角胸叶甲的田间控制效应. 植物保护学报, 34(4): 447－448]

Lin HF, Li SG, Zhang L, Wang PL, Zhou YW, 2006. Biological characteristics of *Metarhizium anisopliae* var. major and its virulence to white grubs. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 17(2): 351－353. [林华峰, 李世广, 张磊, 王萍莉, 周义文, 2006. 绿僵菌大孢变种的生物学特征及其对蛴螬的毒力研究. 应用生态学报, 17(2): 351－353]

Pu ZL, Li ZZ, 1996. Insect Mycology. Anhui Science & Technology Publishing House, Hefei. 362 – 441. ［蒲蛰龙，李增智，1996. 昆虫真菌学. 合肥：安徽科学技术出版社. 362 – 441］

Rezende SRF, Curvello FA, Fraga ME, Reis RCS, Castilho AMC, Agostinho TSP, 2009. Control of the *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) with entomopathogenic fungi. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 11(2): 121 – 127.

Roberts DW, St Leger RJ, 2004. *Metarhizium* spp., cosmopolitan insect-pathogenic fungi: mycological aspects. *Advances in Applied Microbiology*, 54: 1 – 70.

Tan JC, Liu GF, Wang DX, Zhang GC, 1986. Studies on the bionomics and control of *Basilepta melanopus* Lefevre. *Journal of Hunan Agricultural College*, 12(4): 51 – 60. ［谭济才，刘贵芳，王德兴，张国才，1986. 茶角胸叶甲生物学特性及防治研究. 湖南农学院学报，12(4)：51 – 60 ］

Tang QY, Feng MG, 2002. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Science Press, Beijing. 188 – 201. ［唐启义，冯明光，2002. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京：科学出版社. 188 – 201］

Wang BH, Zheng JW, Huang DZ, Wang D, Ma XC, Han XY, 2009. Biological characteristics of *Metarhizium* and effects of temperature and humidity on the pathogenicity against *Anoplophora glabripennis* larvae. *Scientia Silvae Sinica*, 45(9): 158 – 162. ［王宝辉，郑建伟，黄大庄，王达，马向超，韩小勇，2009. 绿僵菌 MS01 菌株的生物学特性及在不同温湿度下对光肩星天牛幼虫的致病力. 林业科学，45(9)：158 – 162］

Wang RZ, 1989. Preliminary investigation of occurrence and damage of *Basilepta melanopus*. *Fujian Tea*, (2): 40 – 41. ［汪荣灶，1989. 黑足角胸叶甲发生与危害的初步考查. 福建茶叶，(2)：40 – 41］

Wang RZ, Hu Y, 2004. The high occurrence periods of *Basilepta melanopus* adult and control in Jiangxi. *Jiangxi Plant Protection*, 27(4): 175. ［汪荣灶，胡勇，2004. 江西黑足角胸叶甲成虫的盛发期与防治. 江西植保，27(4)：175］

Wu CQ, Zhu LJ, Li DJ, Qiu ZF, 2010. Occurrence and control suggestion of *Basilepta melanopus* Lefevre. *Guangxi Plant Protection*, 23(1): 20 – 21. ［吴彩谦，朱来佳，黎达境，邱祖凤，2010. 茶角胸叶甲发生情况调查及防治建议. 广西植保，23(1)：20 – 21］

Yang BE, Wang YJ, 2008. Research progress on *Basilepta melanopus* Lefevre. *Tea Communication*, 35(3): 24 – 26. ［羊柏娥，王沅江，2008. 茶角胸叶甲研究进展. 茶叶通讯，35(3)：24 – 26］

Zhou Y, Wang ZK, Yu ZN, 2006. Development and Application of Microbial Pesticide. Chemical Industry Press, Beijing. 54 – 88. ［周燚，王中康，喻子牛，2006. 微生物农药研发与应用. 北京：化学工业出版社. 54 – 88］

（责任编辑：袁德成）